

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Racionalizace výroby táhel**  
Rationalization of Piston-rod Production

Student:

Jiří Klein

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Klein**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Racionalizace výroby táhel**  
**Rationalization of Piston-rod Production**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu výroby táhel v podmínkách praxe.
2. Návrh nového způsobu výroby táhel se zaměřením na operaci soustružení.
3. Technicko-ekonomické zhodnocení a závěry pro realizaci v praxi.

Seznam doporučené odborné literatury:

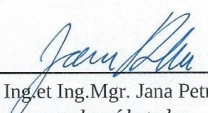
SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.  
BRYCHTA J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. 2007. Ediční středisko VŠB – TUO, 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.  
AB SANDVIK COROMANT - SANDIK CZ s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Překl. M. Kudela. 1. vyd. Praha : Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.  
BRYCHTA, J.; CZÁN, A.; ČEP, R.; KRATOCHVÍL, J.; PETRŮ, J.; SADÍLEK, M.; STANČEKOVÁ, D.; ZLÁMAL, T. *Progresivní technologie v obrábění a NC programování obráběcích strojů*. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Žilinská Univerzita v Žilině, 173 s., 2014, ISBN 978-80-248-3522-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry




  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

#### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Táto práce byla vypracována se souhlasem vedení společnosti Freso comp., s.r.o.

V Ostravě dne 20.května 2018.




Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že – podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2018.



Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce: Jiří Klein

Adresa trvalého pobytu autora práce: Tísek 245, Tísek 743 01

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Klein, J. *Racionalizace výroby táhel: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, xs. Vedoucí bakalářské práce: Sadílek, M.

Bakalářská práce se zabývá racionalizací technologie soustružení táhel. V úvodní části práce je popsán stávající stav technologie výroby včetně technologického postupu, použitých nástrojů a zařízení používaný ve výrobním provozu v Pustějově. Hlavní náplň bakalářské práce tvoří návrh nové technologie soustružení táhel v podmínkách společnosti Fresno comp., s.r.o. ve výrobním provozu ve Studénce. Racionalizace spočívá v komplexním návrhu nové technologie, technologického postupu a s tím souvisejících nástrojů, strojů a programů. Ve třetím bloku je vyhodnocen technicko-ekonomický přínos navrhovaného řešení. Cílem racionalizace je snížení nákladů na výrobu, úspora strojních časů a celkové zjednodušení a zkvalitnění výroby.

## **ANNOTATION OF THE THESIS**

Klein, J. *Racionalization of Piston-rod Production: Bachelor thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering metrology, 2018, xs. Thesis head: Sadílek, M.

The bachelor thesis deals with the rationalization of the technology of turning the Piston-rods. The introductory part of the thesis describes the current state of the production technology including the technological process, the used tools and the equipment used in the production plant in Pustějov. The main content of the bachelor thesis is the design of a new technology of turning the Piston-rods under the conditions of Fresno comp., S.r.o. in the production plant in Studénka. Rationalization is based on the comprehensive design of new technology, technological progress and related tools, machines and programs. The third block evaluates the technical and economic benefits of the proposed solution. The goal of rationalization is to reduce production costs, save time and simplify and improve production.

# Obsah

Seznam zkratk a značek.....	8
Úvod.....	9
1. Cíle bakalářské práce .....	10
2. Obecná charakteristika dané problematiky .....	11
2.1. O firmě .....	11
2.2. Popis součásti.....	12
2.3. Materiál součásti .....	13
3. Stávající řešení technologie výroby táhla .....	14
3.1. Základní polotovar .....	14
3.2. Stávající technologický postup .....	14
3.3. Stávající opracování v Pustějově .....	17
4. Nalezení řešení v provozu Studénka .....	22
4.1. Zvolený stroj .....	22
4.2. Technologie upnutí táhla.....	23
4.3. Výběr nástrojů.....	26
4.4. Rozbor NC programu.....	30
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení .....	33
5.1. Stávající technologie výroby.....	33
5.2. Nová navrhovaná technologie výroby .....	34
6. Závěr bakalářské práce.....	38
7. Poděkování.....	39

8.	Seznam použité literatury .....	40
9.	Seznam obrázků .....	42
10.	Seznam tabulek .....	44
11.	Seznam příloh .....	45

## Seznam zkratek

CNC	Computer Numeric Control – počítačový řídicí systém
NC	Numeric Control – číslicově ovládané stroje
Re	Mez kluzu [MPa]
Rm	Mez pevnosti [MPa]
A	Tažnost [%]
$a_p$	Hloubka řezu [mm]
$f_n$	Posuv na otáčku [mm/ot.]
$v_c$	Řezná rychlost [m/min]
SD karta	Secure Digital (paměťová karta)
CAM	Communication Access Method



## Úvod

Podstatou racionalizace je zdokonalování výrobního systému. Základem racionalizace je vyloučit zbytečné ztráty a využít existující rezervy. Rovněž vede k zavádění nových technických a organizačních opatření.

Mezi základní postupy při racionalizaci patří analýza pracovního systému, posouzení funkce současného pracovního systému, vymyšlení racionalizačních opatření, realizace opatření a vyhodnocení přínosů.

V současné době se na racionalizaci kladou čím dál tím větší a náročnější požadavky. Hledají se možnosti ke zvýšení efektivnosti a snížení nákladů. Každý dodavatel zvyšuje ceny materiálů a polotovarů, přičemž zákazník požaduje co nejnižší cenu finálního výrobku.

Současným trendem je přechod výroby z klasických strojů na stroje řízené počítačem. Rovněž v dnešní době jsou již možnosti víceosých strojů, na kterých je možnost opracovávat složitější výrobky na jedno upnutí. To znamená velikou úsporu času pro výrobu a snížení nákladů na výrobu. Avšak tyto stroje mají nevýhody v podobě vyšší pořizovací ceny, náročnost na obsluhu, údržbu a celkový provoz. Proto je velice důležité při koupi takového stroje vše důkladně prokalkulovat, zda se koupě vyplatí a jak rychle se pořizovací náklady vrátí. [10]

Ve své bakalářské práci jsem se snažil o racionalizaci technologického řešení obrábění výrobku „Táhlo“. Tento výrobek se opracovával na dvou různých pobočkách a hlavním důvodem racionalizace byla právě potřebná přeprava mezi pobočkami. Na jedné pobočce se prováděla většina operací, přičemž na druhé pobočce pouze jedná operace, soustružení. Náklady na přepravu znamenali pro firmu zbytečné náklady navíc a zároveň potřebný čas pro výrobu byl zbytečně velký. Nejtěžším úkolem bylo nalezení vhodného stroje, upnutí a výběr nástrojů na daném vybavení pobočky. Jako poslední úkol bylo napsání NC programu a snížení času na opracování kusu.

# 1. Cíle bakalářské práce

Hlavním cílem bakalářské práce je snížit náklady na výrobu táhel, konkrétně pro operaci soustružení. Dosavadní výrobní proces se skládal ze 7 operací, přičemž první operace (navrtávání) byla prováděná na pracovišti ve Studénce, po-té se polotovary převezli na druhou pobočku do Pustějova, kde proběhla druhá operace (soustružení), na čes se polotovary opět převezly zpět. Ve Studénce byly výrobky dokončeny. Zásadním požadavkem zaměstnavatele bylo, najít možné, a hlavně ideální řešení, jak operaci soustružení zvládnout na současném vybavení pobočky ve Studénce. Dalším požadavkem bylo snížení výrobního času, a to nalezením nejvhodnějšího možného řešení technologie obrábění. Řešením bude nová technologie výroby, která bude zahrnovat výběr a minimalizace použitých nástrojů, upínacích přípravků, to vše při dodržení požadovaných podmínek na kvalitu.

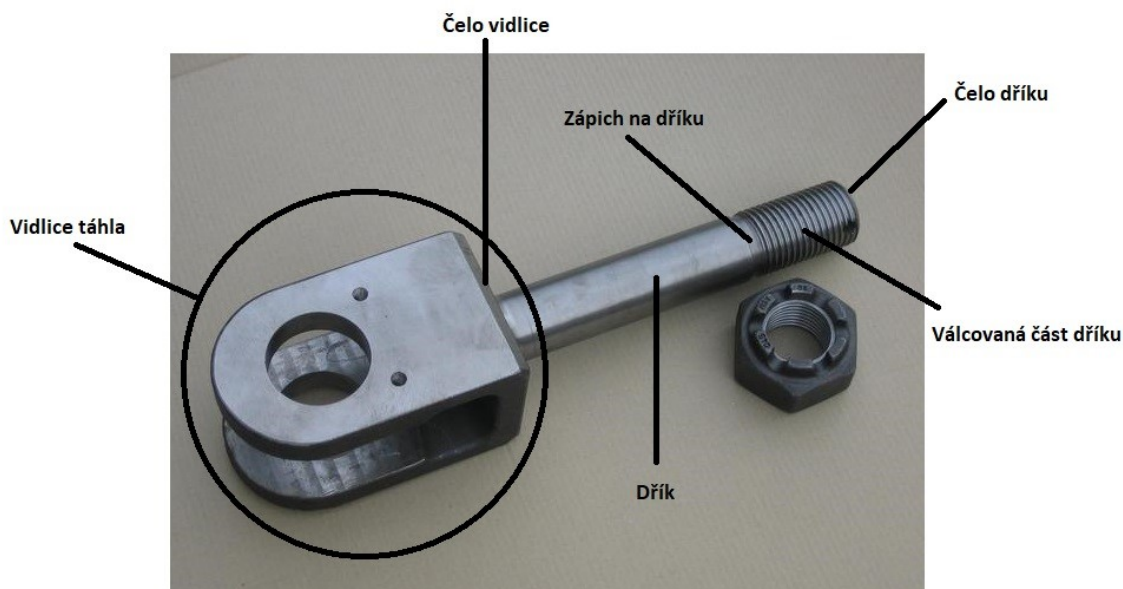
- snížení nákladů na výrobu táhel
- snížení výrobního času
- nejvhodnější možné řešení technologie obrábění (soustružení)
  - nalezení vhodného stroje
  - nový způsob upnutí kusu
  - návrh nových řezných nástrojů

Pro dosažení těchto cílů bakalářské práce bylo potřeba provést tyto kroky:

- zhodnocení rozměrů a váhy výkovku,
- seznámit se s aktuálním strojním vybavením a výrobními možnostmi společnosti Freso comp., s.r.o. pobočka Studénka,
- zhodnocení stávajícího stavu technologie obrábění v Pustějově
- návrh nové technologie obrábění součásti s dodržení požadovaných podmínek na přesnost,
- vyzkoušení a zhodnocení nové technologie v praxi,
- technicko-ekonomické porovnání stávající a nové technologie.

## 2. Obecná charakteristika dané problematiky

Danou součástí je táhlo (obr. 1), které se opracovává ve firmě Freso comp., s.r.o.. Externí společnost, která ková výkovky dodává výkovek, který se opracovává podle požadavku zákazníka dle doložené výkresové dokumentace.



Obr. 1 – Táhlo s maticí (po opracování)

### 2.1. O firmě Freso comp., s.r.o.

Dne 1. března 1999 byla třemi společníky založena firma Freso comp., s.r.o. se sídlem v Pustějově. Časem se výroba rozšířila, a proto byla založena druhá pobočka se sídlem v obci Studénka.

Tato společnost navazuje na tradici výroby komponentů a náhradních dílů na tuzemský trh, která je spojená s firmou Vagónka Studénka. Ta byla významným výrobcem kolejových vozidel.

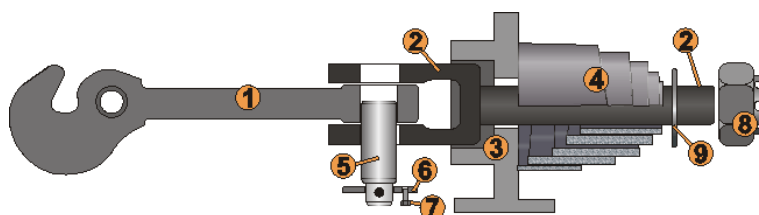
Společnost se specializuje na třískové obrábění kovů – frézování a soustružení. S rostoucími požadavky trhu byla činnost rozšířena o válcování závitů, broušení a svařování kovů. Rovněž se specializuje na kusovou a sériovou výrobu, včetně zušlechťení a povrchové úpravy výrobku. To vše dle domluvy a požadavků zákazníku na základě dodané výkresové dokumentace.

V roce 2006 dne 1. května byla založená dceřiná společnost s názvem Freso comp & ST. spol. s.r.o.. Její hlavní činností je rovněž dodávání komponentů a náhradních dílů pro železniční dopravu, avšak pro zahraniční trh.

Následně byla v roce 2011 rozšířená činnost o provádění stavebních prací. Ze začátku se realizovaly zakázky výhradně z oblasti železnic. Na Slovensku se budovaly přečerpávací stanice pro lokomotivy, a to jako vykonavatele veškerých stavebních prací, včetně vytváření potřebné infrastruktury. V dnešní době se již realizují i stavební práce mimo železnici. [1]

## 2.2. Popis součásti

Táhlo slouží v železniční dopravě, konkrétně je montováno na většině železničních vagónech. Je součástí vypružovacího zařízení táhlového ústrojí (obr. 2 poz. 2), které má za úkol akumulovat energii vzniklou z podélných rázů při jízdě vlaku a při posunu.



Obr. 2 – Vypružovací táhlové ústrojí

Táhlo by se dala rozdělit do dvou částí. První část je dřík táhla, který je pro bakalářskou práci nejpodstatnější. Ten se soustruží na  $\varnothing 60_{-1}^0$  mm, na konci se soustruží část nejpřesnější z důvodu přípravy pro válcování závitů. Táto část má  $\varnothing 53,76_{0}^{+0,01}$  mm. Za touto částí dříku je osazení, které slouží jako výjezd závitů s  $\varnothing 53_{0}^{+0,5}$  mm. Druhá část je vidlice táhla, která se dále opracovává na různých frézách. Pouze čelo vidlice se zarovnáva rovněž na soustruhu. Celá součást má délku zhruba 572 mm. (viz příloha A – výkres táhla)

## 2.3. Materiál součásti táhla

Ocel k zušlechťování, vhodná k povrchovému kalení, pro velké výkovky. Uklidněná ocel, vhodná na hřídele těžních strojů, turbokompresorů, karuselů apod., na větší ozubená kola, šneky, ozubené věnce, rotory šroubových kompresorů, ojnice, pístnice, vřetena, plunžry, písty kompresorů, čepy, šrouby, stavěcí šrouby, dopravní válečky, vodící čepy, lamely spojek, kladičky, lůžka, páky, zarážky, kolíky, různé spojovací součásti, posouvací vidlice, držáky, unašeče satelitů, vahadla, západky, kované svorníky tlakových nádob, upínací a stavebnicové části nástrojů, vrtací tyče, frézovací trny.

- kování 1100 až 800 °C
- normalizační žíhání 820 až 850 °C
- žíhání na měkko 680 až 720 °C
- kalení do vody 790 až 830 °C
- kalení do oleje 800 až 840 °C
- popouštění 530 až 670 °C. [2]

Tab. 1 - Chemické složení materiálu [3]

Materiál – C45 / 1.0503 / 12 050							
Chemické složení [%]							
C	Si	Mn	Ni	P	S	Cr	Mo
0,43 – 0,5	max 0,4	0,5 – 0,8	max 0,4	max 0,045	max 0,045	max 0,4	max 0,1

Tab. 2 - Mechanické vlastnosti materiálu [3]

Mechanické vlastnosti		
Mez pevnosti $R_m$ [Mpa]	Mez kluzu $R_{p0,2}$ [Mpa]	Tažnost A [%]
580–900	360	8

### 3. Stávající řešení technologie výroby táhla

#### 3.1. Základní polotovar

Základním polotovarem pro finální podobu táhla, je výkovek, který dodává kovárna Treva, s.r.o. (obr. 3). Tento výkovek je z materiálu 1.0503 (C45)+N s mechanickými vlastnostmi  $R_e \geq 305$  Mpa,  $R_m \geq 580$  Mpa,  $A \geq 16\%$  a tvrdost  $HBW \geq 173$  N. Přídavky na obrábění na výkovku viz příloha B – výkovek táhla.



Obr. 3 – Výkovek táhla

#### 3.2. Stávající technologický postup

Dle následujícího technologického postupu se opracovává táhlo. Technologický postup obsahuje část, která má význam pro bakalářskou práci. To je číslo operace 1 až 6. Dále se opracovává vidlice táhla, válcuje závit a provádí se povrchová úprava nástřikem barvy. Tento technologický postup byl navržen při zavádění do výroby. (Tab. 3)

Tab. 3 – Stávající rámcový technologický postup

Číslo výkresu		Název		Položka
		TAHADLO		
Výchozí materiál Výkovek		1000kN		Jakost C45E+N
Kontrola průměru pro válcování 100 %				
Operace		Typ stroje	Text operace	Výrobní pomůcky
Typ	Číslo			
VYR	01	Sloup. Vrtáčka	Napichování táhla v ose, sloupová vrtáčka, navrtávák průměr 3,15mm.	
PŘEP	02	Nákl. auto	Převoz dílů na výrobní provoz Pustějov	
VYR	03	CNC soustruh	Opracování dle nastaveného programu.	
PŘEP	04	Nákl. auto	Převoz dílů na výrobní provoz Studénka	
KON	05		Měření průměru 56,80,-0,05 pro válcování. Četnost kontroly ost. rozměrů 3% z dávky.	Posuvné měřítko, hloubkoměr
KON	06		Vizuální kontrola otřepů celého dílce a uložení do beden pro další opracování.	
KON	07		Překontrolovat průměry pro válcování. Daný průměr pro válcování závitu M60x6 je 56,8 +0,0 -0,05mm. Průměr je velmi důležitý.	Mikrometr
VYR	08	UPW 31,5	Vložit táhlo do přípravku a válcovaný konec vložit na celou délku profilových válců. Při spuštění válců do tlaku musí být puštěna chladicí kapalina. Bez kapaliny válcování neprovádět!	Profilové válce M60x6
KON	09		Vizuální kontrola chlazení a vložení táhla.	
VYR	10		Táhlo válcovat až k zápichu. Dbát na včasné rozevření přitlačných válců.	
KON	11		Kontrolovat správnou vzdálenost dojezdu táhla k zápichu. Po vyjmutí naválcované táhlo překontrolovat kalibrem po celé délce závitu.	Kalibr RD60x6
VYR	12		Naválcovaný závit zabalit do kartonu – síťky. Táhla ukládat do palet. Jednotlivé vrstvy prokládat papírem.	
VYR	13	FB40V	Frézování ploch hlavy na rozměr 132mm. Zabrousit vzniklé otřepty.	
KON	14		Měření rozměru 132. Četnost měření 3% z dávky (min. první a poslední kus)	Posuvné měřítko
VYR	15	FA5U	Frézování drážky táhla v ose na rozměr 72+0,5/-0. Zabrousit vzniklé otřepty.	Bruska GGS27LC
KON	16		Měření rozměru 72+0,5/-0 a 30+0,5/-0,5, Četnost měření 3% z dávky (min. první a poslední kus)	Posuvné měřítko

Pokračování tab. 3

<b>VYR</b>	<b>17</b>	<b>CNC 650</b>	Opracování dle nastaveného programu stroje.	
<b>KON</b>	<b>18</b>		Kontrola průměru 80H11 pomocí kalibru. Měřit rozměr R70+12. Kontrola závitů 2xM12 na rozměr 50 a v ose 2x40. Zabrousit vzniklé otřepy. Vizuální kontrola celého dílce a uložení do beden pro další opracování.  Četnost měření 3% z dávky (min. první a poslední kus)	Kalibr, posuvné měřítko
<b>VYR</b>	<b>19</b>		Tahadlo uložit na rošt, zakrytovat dle výkresu, odmastit,	Wecofan onelayer RAL9005, STAR, štětec
<b>KON</b>	<b>20</b>		Vizuálně kontrolovat dostatečné odmaštění	
<b>VYR</b>	<b>21</b>	<b>Wagner</b>	Řádně rozmíchat barvu, barvu nanášet daným stříkacím zařízením	
<b>KON</b>	<b>22</b>		Vrstvu barvy před zaschnutím kontrolovat hřebenovou měrkou. Po zaschnutí kontrolovat mikronovým měřidlem. Tloušťka barvy min. 150 mikronů.	Hřebenová měrka Mikronové měřidlo
<b>VYR</b>	<b>23</b>		Dodržet dobu schnutí dle tech. listu	
<b>KON</b>	<b>24</b>		Kontrola doby schnutí	
<b>VYR</b>	<b>25</b>		Tahadlo uložit na rošt, Provézt oper.21-24	
<b>KON</b>	<b>26</b>		Kontrola doby schnutí	
<b>VYR</b>	<b>27</b>		Odkrytovat, táhlo uložit do palety a prokládat vlnitým papírem. Pozor na mech. poškození	

VYR – výroba, PŘEP – přeprava, KON – kontrola

Jelikož tato výroba přechází na velkosériovou jsou operace č.2 a č.6 nevýhodné. Operace č.3 je pro cíl bakalářské práce nejpodstatnější.



### 3.3. Stávající opracování v Pustějově

Ve výrobním provozu Pustějov bylo soustružení prováděno na CNC soustruhu značky Johnford, modelu SL-60A (obr. 4).



Obr. 4 – CNC soustruh Johnford – SL-60A

Tento stroj je vybaven řídicím systémem Fanuc. Program se do stroje přenáší pomocí SD karty. Stroj je vybaven revolverovou hlavou za osou rotace, která má 12 pozic pro nástrojové držáky. Dále je stroj vybaven dopravníkem třísek, pro lepší odvod kovového odpadu ze stroje. Základním vybavením je koník, pro zapření delších obrobků a naproti je hydraulické tři čelistové sklíčidlo, které je ovšem pro opracování táhla vyměněno za manuální čtyřčelistové (obr.5).

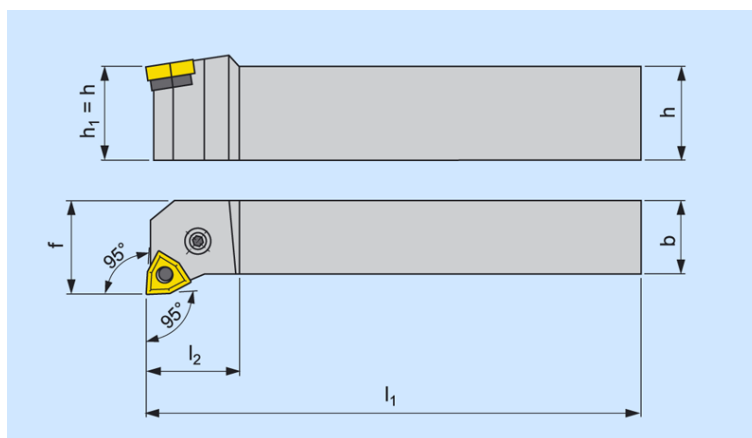


Obr. 5 – Čtyř čelistové sklíčidlo manuální

Tab. 4 – Základní parametry stroje Johnford – SL-60A [4]

<b>Řídicí systém</b>	Fanuc 0i-TD
<b>Max. oběžný průměr</b>	Ø 580 [mm]
<b>Posuv X–Z</b>	250–1040 [mm]
<b>Max. průměr sklíčidla</b>	Ø 450 [mm]
<b>Rychlost vřetene</b>	3000 [ot./min]
<b>Výkon vřetene</b>	26 [kW]
<b>Max. průměr tyče</b>	Ø 115 [mm]
<b>Hmotnost stroje</b>	9000 [kg]

Pro obrábění byly použity dva nástroje. V rámci první operace (hrubování) byl použit vnější hrubovací nůž firmy Pramet Tools, s.r.o. s označením PWLNL 2525 M 08 (obr.6). [5]



Obr. 6 – Vnější hrubovací nůž PWLNL 2525 M 08

Na tomto noži byly použity výměnné břitové destičky firmy TaeguTec s označením WNMG 080408 PC, TT8125 (obr.7).

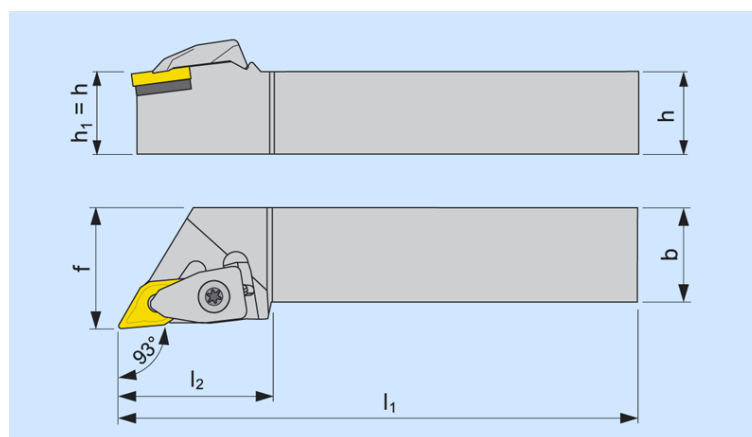
Doporučené řezné parametry. [6]      Použité řezné parametry

Řezná rychlost – $v_c$	230–340 [m.min <sup>-1</sup> ]	220 [m.min <sup>-1</sup> ]
Posuv na otáčku – $f_n$	0,15 – 0,50 [mm. ot <sup>-1</sup> ]	0,25 [m. ot <sup>-1</sup> ]
Hloubka řezu – $a_p$	0,5 – 4,0 [mm]	1,75 [mm]



Obr.7 – Břítové destičky WNMG 080408 PC, TT8125

Druhou operací bylo opracování na čisto. Pro tuto operaci byl použit nůž firmy Pramet Tools, s.r.o. s označením DDJNL 2525 15 (obr. 8).



Obr. 8 – Vnější dokončovací nůž DDJNL 2525 15

Na tomto noži byly použity výměnné břítové destičky firmy Pramet Tools, s.r.o. s označením DNMG 150408-M3, TK1501 (obr.9).

	Doporučené řezné parametry. [5]	Použité řezné parametry
Řezná rychlost – $v_c$	320–335 [ $m.min^{-1}$ ]	240 [ $m.min^{-1}$ ]
Posuv na otáčku – $f_n$	0,12 – 0,24 [ $mm.ot^{-1}$ ]	0,25 [ $m.ot^{-1}$ ]
Hloubka řezu – $a_p$	0,5 – 3,0 [ $mm$ ]	0,25 [ $mm$ ]



Obr. 9 – Břítové destičky DNMG 150408-M3, TK1501

Zdejším programátorem byl vytvořen program pro opracování, který byl následně odzkoušen a seřízen (viz elektronická příloha C – stávající NC program). Tento program měl čistý strojní čas 15,5 minuty/kus. Při sériové výrobě byla stanovena norma výroby, a to 3ks za hodinu. Zde byly zahrnuty potřebné časy pro výměnu kusů, výměnu břítových destiček po opotřebení a jiné.

Kus se upínal vložením vidlice táhla do sklíčidla, opřením dříku o dorazový nástroj upnutý v revolverové hlavě. Následně pomocí hydraulický poháněného koníku byl zapřen mezi sklíčidlo a koníka. Nakonec došlo k ručnímu utažení sklíčidla a vycentrování kusu do osy vřetene. Ruční utahování sklíčidla je značně pomalejší než hydraulické.

Tab. 5 - Technologický postup soustružení, stávající technologie

Číslo výkresu		Název	Položka
Výchozí materiál Výkovek		<b>TAHADLO 1000kN</b>	<b>Jakost C45E+N</b>
Op. Číslo	Popis práce	Text operace	Výrobní pomůcky
<b>01</b>	<b>Upnutí kusu</b>	Vložit vidlici táhla do sklíčidla, přiložit dřík k dorazu, dotlačit koníkem a ručně utáhnout čelisti	Čtyř čelist'ové sklíčidlo, koník, dorazový nástroj  Nulový bod na čele dříku.

Pokračování tab. 5

02	<b>Soustružit – hrubování Ø 58 – 119,5</b>	Opracování dle nastaveného programu.	Vnější hrubovací nůž levý – PWLNL 2525 M 08  VBD – TaeguTec WNMG 080408 PC
03	<b>Zarovnání čela</b>	Opracování dle nastaveného programu.  Celková délka 572 mm.	Vnější hrubovací nůž levý – PWLNL 2525 M 08  VBD – TaeguTec WNMG 080408 PC
04	<b>Soustružit – hrubování Ø 60,5 - 220</b>	Opracování dle nastaveného programu.	Vnější hrubovací nůž levý – PWLNL 2525 M 08  VBD – TaeguTec WNMG 080408 PC
05	<b>Soustružit – zápich Ø 53,5 - 15±3</b>	Opracování dle nastaveného programu.	Vnější dokončovací nůž levý DDJNL 2525 15  VBD – Pramet DNMG 160604 E- M
06	<b>Soustružit na čisto Ø 53,76<sub>0</sub><sup>+0,01</sup> - 109</b>	Opracování dle nastaveného programu.	Vnější dokončovací nůž levý DDJNL 2525 15  VBD – Pramet DNMG 160604 E- M
07	<b>Soustružit na čisto Ø 53<sub>0</sub><sup>+0,5</sup> - 15±3</b>	Opracování dle nastaveného programu.	Vnější dokončovací nůž levý DDJNL 2525 15  VBD – Pramet DNMG 160604 E- M
08	<b>Soustružit na čisto Ø 60<sub>-1</sub><sup>0</sup> - 220</b>	Opracování dle nastaveného programu.	Vnější dokončovací nůž levý DDJNL 2525 15  VBD – Pramet DNMG 160604 E- M
09	<b>Doraz</b>	Nechat přijet doraz k opracovanému kusu.	Dorazový nástroj
10	<b>Uvolnění kusu</b>	Odjet s koníkem, uvolnit čelisti, vytáhnout kus.	
11	<b>Měření</b>	Zarovnání čel  Měřit každý desátý kus.	Hloubkoměr 400 mm

<b>12</b>	<b>Měření</b>	Průměr dříku pro závit – operace 6  Měřit každý kus.	Mikrometr 50-75 mm
<b>13</b>	<b>Měření</b>	Průměry dříku – operace 7 a 8  Měřit každý desátý kus.	Posuvné digitální měřítko 150 mm
<b>14</b>	<b>Výměna VBD</b>	Při výměně VBD po opracování měřit kus upnutý ve stroji. Upravit korekce nástroje.	
<b>Vypracoval:</b>		<b>Schválil:</b>	<b>Revize</b>
<b>Dne:</b>	<b>Podpis:</b>	<b>Dne:</b>	<b>Podpis:</b>
2.12.2017	Klein Jiří	2.12.2017	
			<b>Pořadové číslo</b>

## 4. Nalezení řešení v provozu Studénka

Pracoviště ve Studénce disponuje mnoho stroji. Nachází se zde několik klasických frézek, klasický soustruh, stojanové vrtačky a rovněž několik obráběcích CNC center a soustruhů. Pro přesunutí operace soustružení bylo za potřebí vymyslet, zdali je možné daný výkovek na tomto provozu opracovat. Klasický soustruh v tomto případě není dostatečně efektivní ani přesný pro potřebné tolerance. K dispozici zůstávají dva CNC soustruhy, které jsou naprosto totožné a slouží ke dvoj strojové obsluze sériové výroby.

### 4.1. Zvolený stroj

Jedná se o CNC soustruh YCM GT250A firmy YEONG CHIN MACHINERY INDUSTRIES CO. LTD. Tento soustruh je vybaven revolverovou hlavou s 12 držáky pro nástroje. Také je vybaven dopravníkem třísek pro snadnější a lepší odvod kovového odpadu ze stroje. Základní výbavou je hydraulické tří čelist'ové sklíčidlo o průměru 180 mm a v opačném směru je k dispozici hydraulický koník, sloužící k zapření kusů (obr.10).



Obr. 10 -CNC soustruh YCM GT250A

Tab. 6 – Základní parametry stroje YCM GT250A [7]

<b>Řídicí systém</b>	Fanuc TXP-100e
<b>Max. oběžný průměr</b>	Ø 350 [mm]
<b>Posuv X–Z</b>	195–560 [mm]
<b>Max. průměr sklíčidla</b>	Ø 240 [mm]
<b>Rychlost vřetene</b>	4500 [ot./min]
<b>Výkon vřetene</b>	15 [kW]
<b>Max. průměr tyče</b>	Ø 52 [mm]
<b>Hmotnost stroje</b>	6000 [kg]

## 4.2. Technologie upnutí táhla

Po prostudování parametru bylo zjištěno hned několik závažných problémů a nedostatků tohoto stroje pro opracovávání daného výkovku.

- Malé sklíčidlo
- Tří čelistové sklíčidlo
- Nutnost vymyslet nové atypické čelisti
- Malá pracovní plocha stroje



Hydraulické tří čelistové sklíčidlo bylo nutno vyměnit za čtyř čelistové z důvodu čtvercového průřezu kusu v místě upínání. Rovněž sklíčidlo muselo být větší než původní o průměru 180 mm. Po prostudování katalogů a prostudování nabídek trhu bylo vybráno nové sklíčidlo, které odpovídalo daným požadavkům.

Nové sklíčidlo bylo pořízeno od společnosti Machine group, s.r.o.. Jednalo se o čtyř čelistové sklíčidlo s průchozím otvorem, s adapterem, typ TF-4BA serie. Konkrétně model TF-4B10A6 (obr. 11). [8]



Obr. 11 – Čtyř čelistové sklíčidlo TF-4B10A6

Průměr tohoto sklíčidla je 254 mm a tloušťka 120 mm. Toto sklíčidlo má jinou rozteč šroubu pro upnutí do stroje. Aby mohlo být upnuto je použit redukční disk, který se montuje mezi vřeteno stroje a sklíčidlo (obr. 12).



Obr. 12 – Redukční disk



Rovněž bylo zapotřebí vymyslet atypické čelisti pro upnutí tohoto výkovku. Jelikož tvar výkovku v místě upínání je vidlice, musely být čelisti rozdílné, a to vždy v páru. První pár čelistí mohl zůstat normálního tvaru, pouze pro odlehčení se nechaly zakrátit, aby zbytečně moc nepřechínaly přes okraj sklíčidla. Druhý pár byl složitější, jelikož musí upínat přes celou šířku táhla. Tento problém byl vyřešen našroubováním kvádrů, s dostatečnou šířkou a délkou, na klasické čelisti. Z důvodu bezpečnějšího upnutí, se část čelisti odfrézovala a zbylý kus čelistí slouží jako doraz pro přídavný kvádr. Do kvádrů byly navrtány čtyři průchozí díry a do čelistí čtyři díry se závitem. Byly zvoleny čtyři šrouby opět pro bezpečné a stabilní upnutí. Nakonec se nechal kvádr odfrézovat do tvaru střížky, aby byla váha čelistí menší a zbytečně moc nepřechínala přes okraj sklíčidla (obr. 13). Výkres čelisti viz příloha D.



Obr. 13 – Atypické čelisti

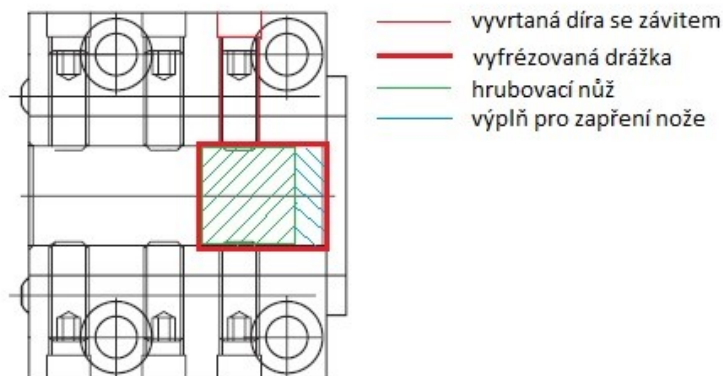
Druhým zásadním problémem byla pracovní plocha stroje, která činí v ose Z pouze 560 mm. Táhl o opracované má volnou délku 572 mm, přičemž výkovek má ještě o zhruba 5 mm více. Dříve než se koupilo nové sklíčidlo bylo třeba vše důkladně proměřit, zda se táhl vejde mezi nové, větší sklíčidlo a koníka. Bylo zjištěno, že bude možno táhl upnout s malou rezervou. Pro názornost je přiložena fotografie upnutého kusu ve stroji (obr. 14).



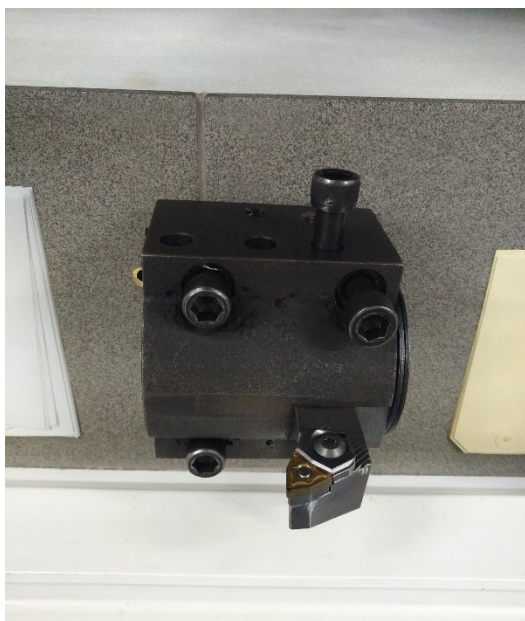
Obr. 14 – Upnuté táhlo ve stroji YCM GT250A

### 4.3. Návrh nových řezných nástrojů

Při výběru nástrojů nastal další problém, který byl opět spjat s pracovním prostorem stroje. Bylo zapotřebí vymyslet jakým nástrojem opracovat čelo táhla, které bylo mimo pracovní prostor a jakým způsobem ho upnout do revolverové hlavy. Za tímto účelem byl ve spolupráci upraven tzv. „domek“ pro upínání vnitřních nástrojů, do kterého byla vyfrézována drážka pro vnější hrubovací nůž. Aby byl nůž bezpečně upnut, byly vyvrtány díry se závity z boční strany „domku“, do kterých byly našroubovány pojistné šrouby. Zároveň musel být vnější hrubovací nůž zakrácen na bezpečnou vzdálenost, aby nepřecházel příliš z revolverové hlavy (obr. 15 a obr. 16).



Obr. 15 – Schéma úprav na „domku“



Obr. 16 – Speciální nůž pro opracovávání táhel

Tímto nožem však nebylo možné vyhrubovat celý výkovek. „Domek“, který měl v sobě upnutý hrubovací nůž by naboural na vidlice táhla při opracování dříku o průměru  $60_{-1}^0$ , proto bylo nutno použít klasický hrubovací nůž od firmy Pramet Tools, s.r.o. s označením PWLNL 2525 M 08. Je to tentýž, co byl použit na provoze v Pustějově. Změna nastala ve výběru výměnných břitových destiček. Břítové destičky firmy TaeguTec s označením WNMG 080408 PC, TT8125, byly nahrazeny břítovými destičky firmy Pramet Tools, s.r.o. s označením WNMG 080408 E-M, T5315 (obr. 17). Tento typ břítových destiček by měl být odolnější vůči přerušovanému řezu, který je při opracování čela vidlice táhla a na povrchu výkovku, který je nepravidelný. Taktéž je možné opracovávat větším záběrem na jednu třísku a tím uspořit jednu hrubovací dráhu. Tyto břítové destičky jsou použity na obou hrubovacích nožích.

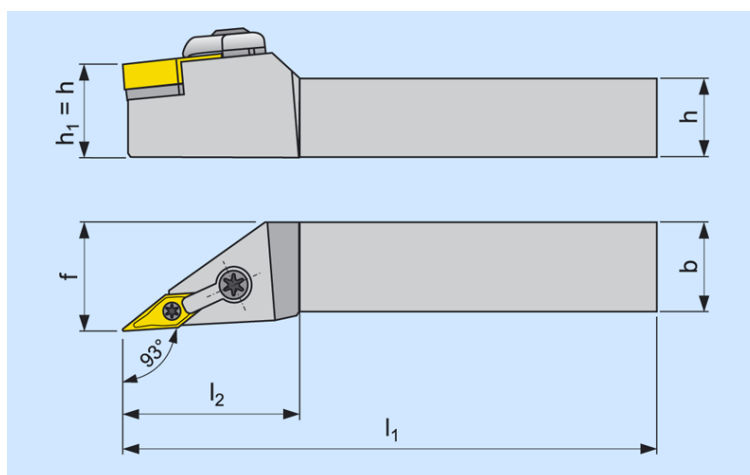
	Doporučené řezné parametry. [5]	Použité řezné parametry
Řezná rychlost – $v_c$	205–345 [ $m.min^{-1}$ ]	120 [ $m.min^{-1}$ ]
Posuv na otáčku – $f_n$	0,17 – 0,60 [ $mm.ot^{-1}$ ]	0,3 [ $m.ot^{-1}$ ]
Hloubka řezu – $a_p$	0,8 – 5,6 [ $mm$ ]	1,75 [ $mm$ ]



Obr. 17 – Břítové destičky WDMG 080408 E-M, T5315

Dokončovací nůž nebylo třeba použít pro průměr  $60_{-1}^{0}$  mm. Tato část dřívku má milimetrovou toleranci a požadavky na povrch Ra 6,3. Tyto požadavky je možno splnit také hrubovacím nožem. Tento způsob byl zvolen z důvodu úspory času, kdy byla ušetřena jedna dráha nože a také čas, který je za potřebí pro odjetí, najetí a přijetí druhého nástroje.

Výjezd závitů o průměru  $53_{0}^{+0,5}$  mm, se musí nechat opracovat dokončovacím nožem s ostřejším úhlem břitu. Pro tento účel byl vybrán vnější dokončovací nůž firmy Pramet Tools, s.r.o. MVJNL 2525 M 16-A (obr.18)



Obr. 18 – Vnější dokončovací nůž MVJNL 2525 16-A

Na tomto noži byly použity výměnné břitové destičky firmy Pramet Tools, s.r.o. s označením VNMG 160404 E-NM, T7335 (obr.19).

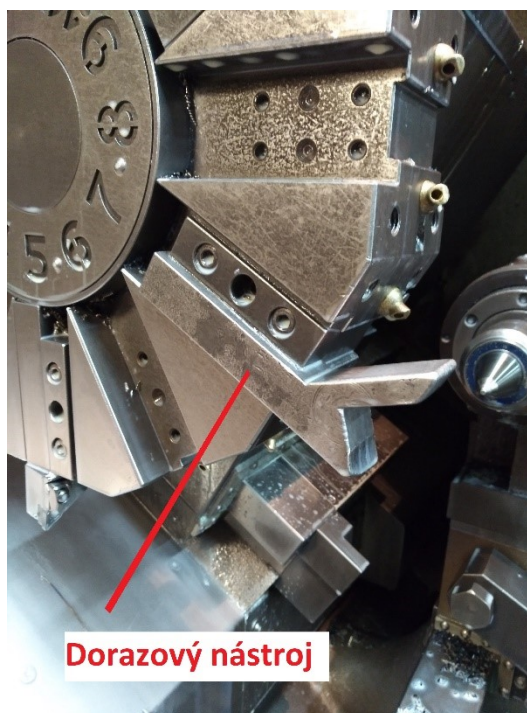
	Doporučené řezné parametry. [5]	Použité řezné parametry
Řezná rychlost – $v_c$	125–155 [ $m.min^{-1}$ ]	150 [ $m.min^{-1}$ ]
Posuv na otáčku – $f_n$	0,05 – 0,20 [ $mm.ot^{-1}$ ]	0,15 [ $m.ot^{-1}$ ]
Hloubka řezu – $a_p$	0,8 – 3,0 [ $mm$ ]	0,5 [ $mm$ ]



Obr. 19 – Břitové destičky VNMG 160404 E-NM, T7335

Konec dříku, který byl zapotřebí opracovat na čisto z důvodu válcování závitu, zasahoval mimo pracovní prostor stroje a dokončovací nůž použit na výjezd závitu zde nedosáhl. Po vyměření bylo zjištěno, že bude zapotřebí objednat ten stejný dokončovací nůž jen místo levého použít pravý. Tímto je možné opracovat daný úsek na čisto s tolerancí, která byla domluvena s technologem. Ten odzkoušel, jaký je nejvhodnější průměr pro válcování závitu a stanovil potřebnou toleranci. Tento průměr je  $53,76^{+0,01}_0$  mm. Část tohoto dříku je zapotřebí měřit na každém kuse z důvodu malé tolerance.

Jako poslední nástroj byl použit navařený L profil na nástrojovém těle, který slouží jako doraz pro pohodlnější upínání výkovku do stroje (obr. 20).



Obr. 20 – Nástroj sloužící jako doraz

#### 4.4. Rozbor NC programu

Nový NC program byl napsán do poznámkového bloku bez použití CAM programů (viz elektronická příloha E – nový NC program). Nulový bod výkovku byl zvolen na čele vidlice. Takto zvolený nulový bod je celkem netradiční. Důvodem tohoto umístění bylo snadnější najetí všech nožů. Veškeré nástroje se najíždí dotykem o obrobek. Jelikož většina nástrojů nedosáhne na konec obrobku, bylo zapotřebí tento bod posunout jinam. Nejvhodnějším místem bylo právě čelo vidlice. Ve firmě je k dispozici již opracovaný kus, který slouží pro případné najetí. Dnes jsou již všechny nože najety a trvale uloženy pod danými korekcemi, které se používají jen pro tuto výrobu. To usnadňuje přestavbu a najetí výroby mezi různými sériovými výrobami, kterou zvládne i obsluha stroje.



První operace speciálně upraveným vnějším hrubovacím nožem se zarovná čelo, které se soustruží na 3 dráhy z důvodu velkého přídávku, načeš se hrubuje dřík, na kterém bude závit. Tato část se hrubuje opět na tři krát, na průměr 57,265 mm, a následně srazí hrana. Po sražení hrany nůž odjíždí do bezpečné vzdálenosti, kde následuje výměna.

Druhá operace je druhým klasickým hrubovacím nožem, který osoustruží zbývající délku dříku a zarovná čelo vidlice. Dřík je soustružen na dvě dráhy, přičemž druhá dráha je na čistý průměr  $60_{-1}^0$  mm. Čelo vidlice táhla je zapotřebí soustružit na tři krát, opět kvůli velkému přídávku, a to hlavně v rádiusové části. Po dokončení nůž odjíždí opět do bezpečné vzdálenosti, kde dochází k výměně nástrojů.

Třetí operace připadá na opracování výjezdu závitu, ke kterému slouží vnější dokončovací nůž levý. Ten vjíždí pod úhlem do materiálu a na dvě dráhy upraví dřík do finálního průměru  $\varnothing 53_{0}^{+0,5}$  mm. Znova nůž odjíždí do bezpečné vzdálenosti a zde je vyměněn za poslední nůž.

Čtvrtá operace je finální dokončování dříku, na který bude válcován závit. K tomu slouží vnější dokončovací nůž pravý, který na jednu dráhu dokončí dřík na požadovaný průměr  $53,76_{0}^{+0,01}$  mm. Následně nůž odjíždí do bezpečné vzdálenosti a je nahrazen dorazovým nástrojem.

Dorazový nástroj slouží ke snadnějšímu přidržení kusu v ose vřetene. Díky tomu obsluha stroje snadněji najede koníkem do předem navrtaného zápichu. Po najetí koníku a sevření čelistí, které jsou oboje poháněny hydraulicky, dorazový nástroj odjíždí do bezpečné vzdálenosti a končí program.

Tento program byl testován a následně upravovány přejezdové dráhy. Ty byly zkrácené tak, aby jezdily co nejkratší trasy a šetřilo se časem. Také byly otestovány řezné vlastnosti, jako jsou otáčky, posuv a řezná rychlost. Tyto vlastnosti byly opět upraveny tak aby čas opracovávání byl co nejmenší, avšak splňoval požadované vlastnosti dle výkresu (povrch, tolerance, aj.) a zároveň dané parametry zvládnul. Konečný strojní čas byl 5 minut a 30 sekund. Po odzkoušení v sériové výrobě byla stanovena norma 8 ks za hodinu. Osm kusů po pěti a půl minutách je 44 minut zbývající čas slouží k výměně kusů a případné výměně břitových destiček po opotřebení.

Další úspora pro společnost je, že první operací celkové výroby táhel, navrtávání výkovku, teď provádí obsluha soustruhu v mezičase, kdy zapne program. Vrtačka sloužící k navrtávání kusů je umístěna vedle soustruhu a používá se ve více sériových výrobach. Tímto odpadá jedna potřebná osoba, která musela dříve kusy navrtávat.

Tab. 7 – Technologický postup soustružení, nová technologie [12]

Výrobní postup		Název součásti: Táhlo				Listů:	List:	
Materiál: C45 / 1.0503 / 12 050		Polotovár – součásti: výkovek			Č. výkresu:			
Hmotnost hrubá:		Hmotnost čistá:	Třída odpadu:			Výrobní dávka:		
OPERACE	POPIS PRÁCE VYOBRAZENÍ	nástroje pomůcky měřidla	Výrobní podmínky:					
PRACOVISTĚ			f <sub>ot</sub> /f <sub>z</sub> [mm]	a <sub>p</sub> [mm]	i	V <sub>c</sub> [m • min <sup>-1</sup> ]	n [ot • min <sup>-1</sup> ]	t [min]
01.	Vložit vidlici táhla do sklíčidla, přiložit dřík k dorazu, dotlačit koníkem a stlačit čelisti	Čtyř čelistové sklíčidlo, koník, dorazový nástroj						
02.	Zarovnání čela – dle nastaveného programu, celková délka 572 mm.	Vnější hrubovací nůž ve speciálním držáku – PWLNL 2525 M 08  VBD – Pramet WNMG 080408 E-M	0,1	2		120	636	1
03.	Soustružit Ø 57,265 - 109	Vnější hrubovací nůž ve speciálním držáku – PWLNL 2525 M 08  VBD – Pramet WNMG 080408 E-M	0,3	1,75		120	670	1,5
04.	Soustružit Ø 60 <sup>0</sup> <sub>-1</sub> - 220 Zarovnání čela vidlice – 232 mm od sklíčidla	Vnější hrubovací nůž – PWLNL 2525 M 08  VBD – Pramet WNMG 080408 E-M	0,3	2		120	670	2
05.	Soustružit – zápich Ø 53 <sup>+0,5</sup> <sub>0</sub> - 15±3	Vnější dokončovací nůž levý MVJNL 2525 16-A  VBD – Pramet VNMG 160404 E-M	0,15	0,5		150	845	0,5
06.	Soustružit Ø 53,76 <sup>+0,01</sup> <sub>0</sub> - 109	Vnější dokončovací nůž pravý MVJNL 2525 16-A  VBD – Pramet VNMG 160404 E-M	0,15	0,5		150	837	0,5
07.	Doraz	Dorazový nástroj – pozice č. 7						
08.	Uvolnění kusu – odjet s koníkem, uvolnit čelisti, vytáhnout kus	Čtyř čelistové sklíčidlo, koník						
09.	Měření – Operace 2 a 4 (zarovnání čel) Měřit každý desátý kus	Hloubkoměr 400 mm						
10.	Měření – Operace 4 a 5 (průměr dříku) Měřit každý desátý kus	Posuvné digitální měřítko 150 mm						
11.	Měření – Operace 6 (průměr dříku pro závit) Měřit každý kus	Mikrometr 50-75 mm						
12.	Výměna VBD: Hrubovací nože vyměnit po každém 15 kuse Dokončovací nože vyměnit po každém 100 kuse Po výměně měřit opracovaný kus upnutý ve stroji a upravit korekce nástroje.							
Vypracoval:		Schválil:			Revize:			



## 5. Technicko-ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Vyhodnocení základních technicko – ekonomických ukazatelů bylo provedeno do tabulek a grafů pro lepší přehlednost výsledků. Uvedené hodnoty byly získány měřením časů ve výrobě, z technických norem a technologického postupu nebo dopočítány. Nejprve je vyhodnocena stávající výroba a poté nová výroba. Obě možnosti výroby jsou v závěru porovnány.

### 5.1. Stávající technologie výroby

Tab. 8 – Stávající technologie výroby, operace č. 1 – navrtávání středících důlků táhla

Počet kusů	1ks	100ks
Hodinová sazba stroje [Kč]	500	500
Čas na seřízení stroje [hod]	0,5	0,5
Čas na dávku [hod]	0,008	0,830
Čas na kus [min]	0,5	0,5
Cena výroby [Kč]	254,2	665

Tab. 9 – Stávající technologie výroby, operace č. 2 a 4 – přeprava táhla

Počet kusů	1ks	100 ks
Hodinová sazba auta [Kč]	500	500
Čas na naložení auta [hod]	0,084	0,250
Čas přepravy [hod]	0,33	0,33
Čas na vyložení auta [hod]	0,084	0,250
Cena přepravy [Kč/1 cesta]	249	415

Pozn.: Maximální kapacita přepravovaného nákladu je 100 ks táhel.

Tab. 10 – Stávající technologie výroby, operace č. 3 – soustružení

Počet kusů	1ks	100ks
Hodinová sazba stroje [Kč]	1 000	1 000
Čas na seřízení stroje [hod]	1,5	1,5
Čas na dávku [hod]	0,34	33,34
Čas na kus [min]	20	20
Cena výroby [Kč]	1 840	34 834

Spotřeba času v prvních 4 výrobních operacích, viz tab. 3, prováděných na různých pracovištích s různými strojními sazbami na 1 ks – 170,5 min (2,84 hod.)

Spotřeba času v prvních 4 výrobních operacích, viz tab. 3, prováděných na různých pracovištích s různými strojními sazbami na 100 ks – 2 220 min (37,00 hod.)

Cena výroby 1 ks – 2 343 Kč

Cena výroby 100 ks – 35 914 Kč

## 5.2. Nová navrhovaná technologie výroby

Tab. 11 – Navrhovaná technologie výroby, operace č. 1 – navrtávání středících důlků

Počet kusů	1ks	100ks
Hodinová sazba stroje [Kč]	350	350
Čas na seřízení stroje [hod]	0,2	0,2
Čas na dávku [hod]	0,008	0,830
Čas na kus [min]	0,5	0,5
Cena výroby [Kč]	72,9	360,5

Pozn.: Při nové technologii tuto operaci provádí obsluha soustruhu v mezi čase obrábění na soustruhu. Tímto se redukuje náklad na personál a celkový čas potřebný pro výroby táhla.

Operace č. 2 a č. 4 zcela zmizela a v nové navržené technologii již není za potřebí. Veškerý čas a náklady byly redukovány.

Tab. 12 – Navrhovaná technologie výroby, operace č. 3 – soustružení táhla

Počet kusů	1ks	100ks
Hodinová sazba stroje [Kč]	1 000	1 000
Čas na seřízení stroje [hod]	1,5	1,5
Čas na dávku [hod]	0,125	12,500
Čas na kus [min]	7,5	7,5
Cena výroby [Kč]	1 625	14 000

Spotřeba času v prvních 4 výrobních operacích, viz tab. 3, prováděných na různých pracovištích s různými strojními sazbami na 1 ks – 118 min (1,96 hod.)

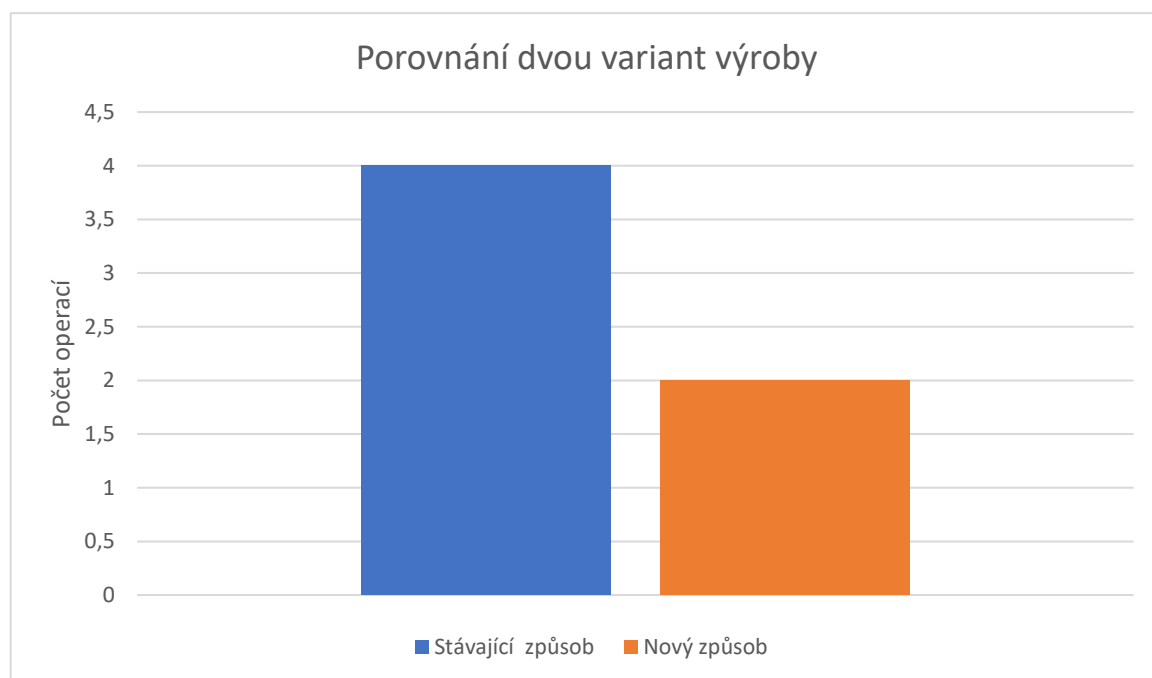
Spotřeba času v prvních 4 výrobních operacích, viz tab. 3, prováděných na různých pracovištích s různými strojními sazbami na 100 ks – 910 min (15,16 hod.)

Cena výroby 1 ks – 1 698 Kč

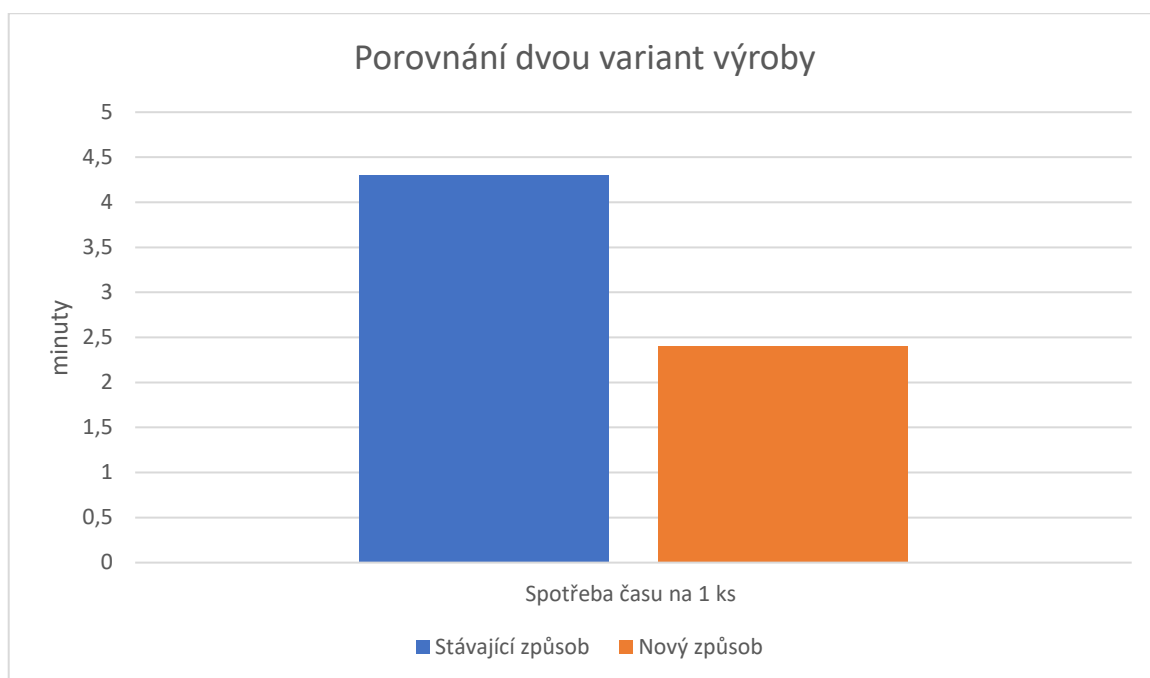
Cena výroby 100 ks – 14 361 Kč

Tab. 13 – Porovnání obou variant výroby

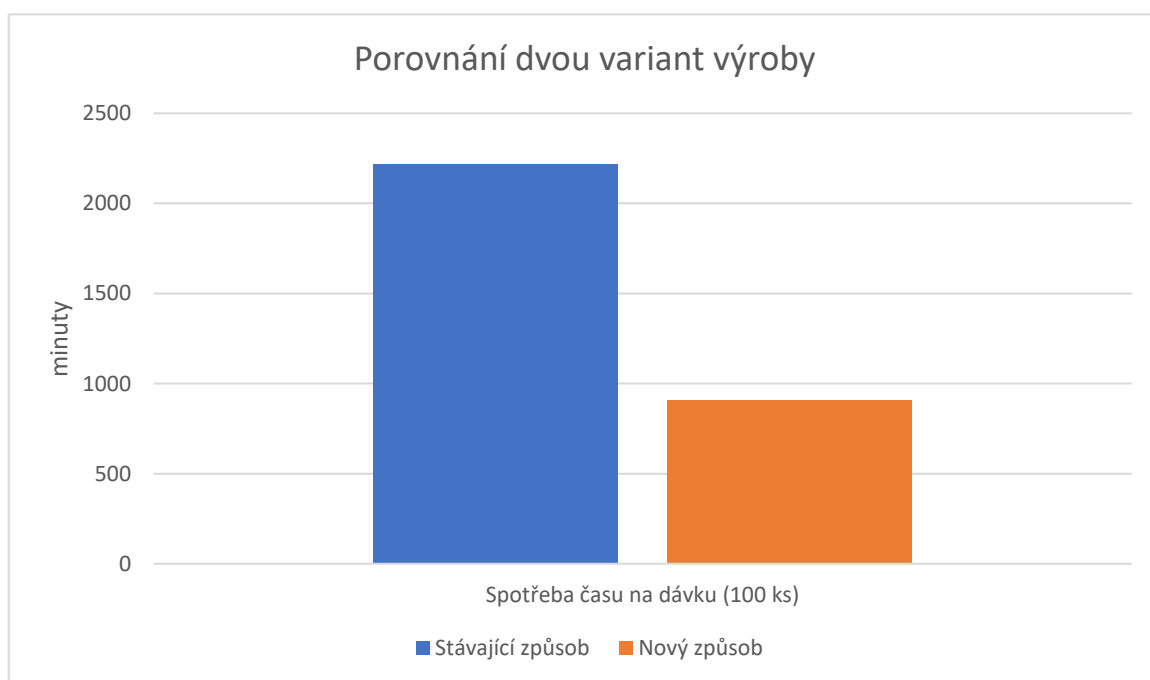
	Stávající způsob	Nový způsob	Úspora novým způsobem
Počet operací	4	2	<b>2</b>
Spotřeba času na 1 ks	170,5 min	118,0 min	<b>52,5 min</b>
Spotřeba času na dávku (100 ks)	2 220,0 min	910,0 min	<b>1310,0 min</b>
Náklady na 1 ks	2 343 Kč	1 698 Kč	<b>645 Kč</b>
Náklady na dávku (100 ks)	35 914 Kč	14 361 Kč	<b>21 553 Kč</b>



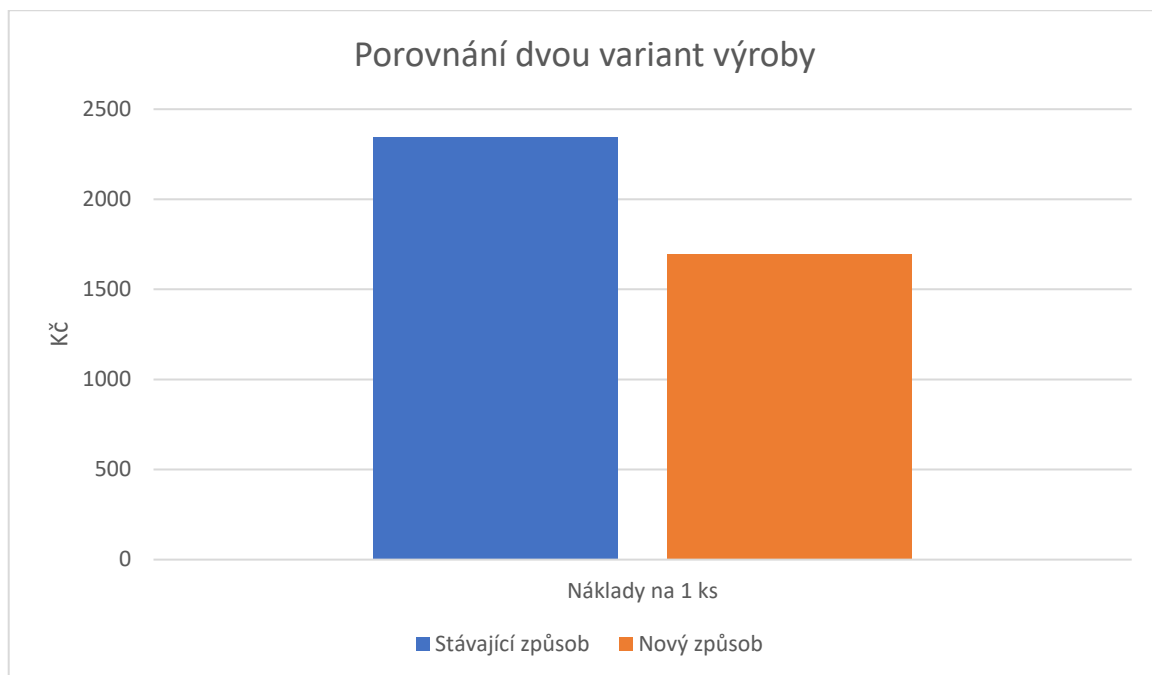
Obr. 21 – Porovnání dvou variant výroby – počet operací



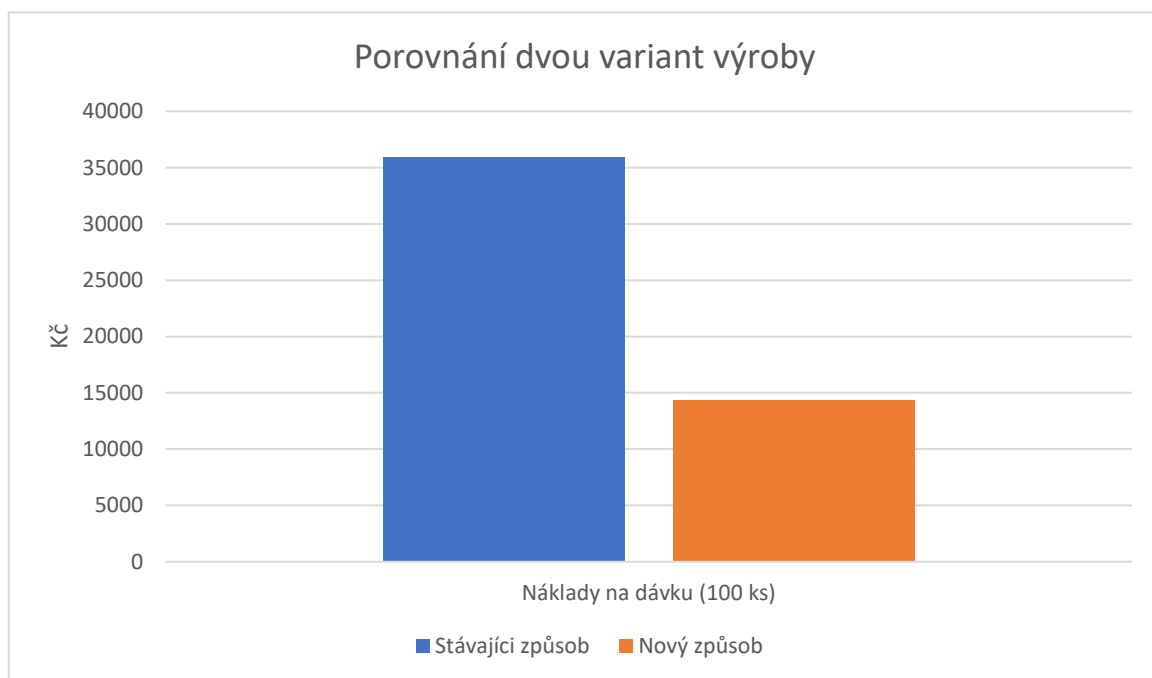
Obr. 22 - Porovnání dvou variant výroby – spotřeba času na 1 ks



Obr. 23 - Porovnání dvou variant výroby – spotřeba času na dávku (100 ks)



Obr. 24 - Porovnání dvou variant výroby – náklady na 1 ks



Obr. 25 - Porovnání dvou variant výroby – náklady na dávku (100 ks)

## 6. Závěr bakalářské práce

Hlavním cílem této bakalářské práce byla racionalizace technologie obrábění táhla, konkrétně soustružení dříku. Bylo velice nutné se dobře seznámit s možnostmi společnosti Freso comp., s.r.o. provozem ve Studénce.

Zapotřebí bylo zhodnotit a prozkoumat stávající stav technologie výroby. Rozhodnout se, kde je možné snížit čas výroby, počet operací a hlavně, kde je možné nejvíce snížit celkové náklady na výrobu. Tohoto bylo docíleno převedením výrobní operace z provozu v Pustějově na provoz ve Studénce. Rovněž by to nebylo možné bez speciálně atypicky vyrobeného hrubovacího nože a důkladným rozměřením pracovní plochy stroje.

Výsledkem racionalizace je návrh nové technologie výroby táhel. Taktéž bylo zapotřebí napsat nový NC program, jelikož byly zjištěny nedostatky ve stávajícím NC programu a potřebném čase na opracování. Nová navržená technologie výroby plně splňuje veškeré technologické i ekonomické požadavky dané výrobou, a tudíž byla již realizována ve společnosti Freso comp., s.r.o.

V navrhované technologii byl kladen hlavní důraz na snížení strojního času při soustružení a na možnost převedení výroby mezi provozy to vše s ohledem na vysokou kvalitu, přesnost a hospodárnost výroby.

## **7. Poděkování**

Děkuji tímto doc. Ing. Marku Sadílkovi, Ph.D za cenné rady a připomínky při vypracování této bakalářské práce.

Děkuji rovněž firmě Freso comp., s.r.o. za umožnění vypracování bakalářské práce. Velké díky Ing. Milošovi Grosmanovi za naprostou nápomocnost a cenné rady při vypracování bakalářské práce.

## 8. Seznam použité literatury

- [1] *Freso comp., s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
<http://www.fresocomp.cz/>
- [2] *Tumlikovo: Metal cutting technologies* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
<http://www.tumlikovo.cz/uslechtile-uhlikove-konstrukcni-oceli-tridy-12-jejich-slozeni-a-tepelne-zpracovani/>
- [3] *Steel number* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
[http://www.steelnumber.com/en/steel\\_composition\\_eu.php?name\\_id=152](http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=152)
- [4] *Johnford* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
<http://www.johnford.com.tw/products/super-lathes/sl-60-60a-60b>
- [5] *Pramet tools, s.r.o.: e-catalog* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
<http://ecat.pramet.com/tool.aspx>
- [6] *TaeguTec Ltd.: e-katalog* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
[http://www.taegutec.cz/download/katalogy/katalog\\_en\\_2014-08\\_A\\_turning.pdf](http://www.taegutec.cz/download/katalogy/katalog_en_2014-08_A_turning.pdf)
- [7] *YCM Co. Ltd.* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
[http://www.ycmcnc.com/english/01\\_products/03\\_detail.php?cid=5&id=24&ycm=61](http://www.ycmcnc.com/english/01_products/03_detail.php?cid=5&id=24&ycm=61)
- [8] *Machine group* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z:  
<https://www.machinegroup.cz/tf-4ba-serie>
- [9] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2006. ISBN 80-736-1033-7.



- [10] AB SANDVIK COROMANT-SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění: kniha pro praktiky. 1. čes. vyd. Praha: Scientia, 1997. ISBN 91-972299-4-6.
- [11] KLETEČKA, Jaroslav a Petr FOŘT. Technické kreslení. 2., opr. vyd. Brno: Computer Press, 2007. Učebnice (Computer Press). ISBN 978-80-251-1887-0.
- [12] *Výrobní technologické postupy* [online]. [cit. 2018-05-21]. Dostupné z: [https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/486/Vyrobní\\_techologicke\\_postupy.pdf](https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/486/Vyrobní_techologicke_postupy.pdf)

## 9. Seznam obrázků

Obr. 1 – Táhlo s maticí (po opracování).....	11
Obr. 2 – Vypružovací táhlové ústrojí.....	12
Obr. 3 – Výkovek táhla.....	14
Obr. 4 – CNC soustruh Johnford – SL-60A .....	17
Obr. 5 – Čtyř čelist'ové sklíčidlo manuální.....	17
Obr. 6 – Vnější hrubovací nůž PWLNL 2525 M 08.....	18
Obr.7 – Břitové destičky WNMG 080408 PC .....	19
Obr. 8 – Vnější dokončovací nůž DDJNL 2525 15 .....	19
Obr. 9 – Břitové destičky DNMG 150604 E-M .....	20
Obr. 10 -CNC soustruh YCM GT250A.....	23
Obr. 11 – Čtyř čelist'ové sklíčidlo TF-4B10A6 .....	24
Obr. 12 – Redukční disk .....	24
Obr. 13 – Atypické čelisti .....	25
Obr. 14 – Upnuté táhlo ve stroji YCM GT250A .....	26
Obr. 15 – Schéma úprav na „domku“ .....	26
Obr. 16 – Speciální nůž pro opracovávání táhel .....	27
Obr. 17 – Břitové destičky WNMG 080408 E-M .....	28
Obr. 18 – Vnější dokončovací nůž MVJNL 2525 16-A .....	28
Obr. 19 – Břitové destičky VNMG 160404 E-M .....	29
Obr. 20 – Nástroj sloužící jako doraz .....	30
Obr. 21 – Porovnání dvou variant výroby – počet operací .....	36

Obr. 22 - Porovnání dvou variant výroby – spotřeba času na 1 ks .....	37
Obr. 23 - Porovnání dvou variant výroby – spotřeba času na dávku (100 ks).....	37
Obr. 24 - Porovnání dvou variant výroby – náklady na 1 ks .....	38
Obr. 25 - Porovnání dvou variant výroby – náklady na dávku (100 ks).....	38

## 10. Seznam tabulek

Tab. 1 - Chemické složení materiálu .....	13
Tab. 2 - Mechanické vlastnosti materiálu .....	13
Tab. 3 – Stávající technologický postup .....	15
Tab. 4 – Základní parametry stroje Johnford – SL-60A.....	18
Tab. 5 - Technologický postup soustružení, stávající technologie .....	20
Tab. 6 – Základní parametry stroje YCM GT250A.....	23
Tab. 7 – Technologický postup soustružení, nová technologie .....	32
Tab. 8 – Stávající technologie výroby, operace č. 1 – napichování táhla.....	34
Tab. 9 – Stávající technologie výroby, operace č. 2 a 4 – přeprava táhla .....	34
Tab. 10 – Stávající technologie výroby, operace č. 3 – soustružení .....	34
Tab. 11 – Navrhovaná technologie výroby, operace č. 1 – napichování táhla .....	35
Tab. 12 – Navrhovaná technologie výroby, operace č. 3 – soustružení táhla .....	35
Tab. 13 – Porovnání obou variant výroby .....	36

## 11. Seznam příloh

Příloha A	Výkres táhla
Příloha B	Výkres výkovku táhla
Příloha C	Stávající NC program (elektronická příloha)
Příloha D	Výkres čelistí
Příloha E	Nový NC program (elektronická příloha)
Příloha F	CD obsahující: <ul style="list-style-type: none"><li>• Bakalářská práce (formát pdf.)</li><li>• Výkresy (formát jpg.; pdf.)</li><li>• NC programy (formát txt.)</li></ul>